东北地区草地螟 1999 年大发生的虫源分析

陈 晓[1,5]，陈继光[1]，薛 玉[2]，郝丽萍[3]，张 友[4]，赵奎军[5*]
（1. 黑龙江省植保站，哈尔滨 150090；2. 河北省植保总站，石家庄 050011；3. 山西省植保总站，太原 030001；
4. 内蒙古呼伦贝尔市植保站，内蒙古海拉尔 021000；5. 东北农业大学农学院，哈尔滨 150030）

摘要：草地螟是我国北方重要的迁飞性害虫，对其虫源地及迁飞路线尚缺乏全面的认识。本文分析了 1999 年各地草地螟主要迁入峰期的天气学背景，并对风场的时空分布及草地螟迁飞轨迹进行了模拟。结果表明：1999 年东北地区大发生的草地螟只有少部分来自以往认为的"主要发生基地"，其主要虫源来自蒙古共和国东部及中蒙边境地区；草地螟盛发期东北地区气旋性天气系统对草地螟的迁入和扩散有密切的关系，据此提出可将"东北低压"、"东北低涡"的发生、发展趋势与虫源地的情况结合起来作为监测草地螟迁入的预警指标。

关键词：草地螟；大发生虫源；迁飞；轨迹分析
中图分类号：S433.4　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2004)05-0599-08

Immigration of the 1999 outbreak populations of the meadow moth，*Loxostege sticticalis* L.（Lepidoptera：Pyralidae）into the northeastern part of China

CHEN Xiao[1,5]，CHEN Ji-Guang[1]，XUE Yu[2]，HAO Li-Ping[3]，ZHANG You[4]，ZHAO Kui-Jun[5]（1. Plant Protection Station of Heilongjiang Province，Harbin 150090，China；2. Plant Protection Station of Hebei Province，Shijiazhuang 050011，China；3. Plant Protection Station of Shanxi Province，Taiyuan 030001，China；4. Plant Protection Station of Hulunbeier，Hailaer，Nei Mongol 021000，China；5. Agricultural College，Northeast Agriculture University，Harbin 150030，China）

Abstract：The meadow moth，*Loxostege sticticalis* L. is an important migratory pest in North China，but its exact overwintering area and migratory path are still not clear. We analyzed the weather background during the major immigration period in 1999，and stimulated temporal-spatial dynamics of wind field and migration trajectories of the meadow moth. The results indicated that only little part of meadow moth population in the northeast of China in 1999 immigrated from"the main occurrence source area"as that people considered before，most of the population should immigrate from the east part of Mongolia and bordering areas of China and Mongolia. The results also showed that cyclone system had notable effect on migration of the meadow moth. So the appearance and enhancement of low pressure or vortex could be a pre-warning indicator for the immigration of outbreak populations of the meadow moth in the northeast of China.

Key words：*Loxostege sticticalis*；outbreak population；migration；trajectory analysis

草地螟 *Loxostege sticticalis* L.是我国北方农牧区的一种间歇性暴发害虫。20 世纪 50 年代中期、80 年代初在我国北方曾暴发危害，从 1995 年开始，种群数量又明显回升，由此进入建国以来第三个猖獗为害周期（罗礼智等，1996）。1999 年草地螟的发生和危害仅次于特大发生的 1982 年，对北方农牧业生产造成了重大的损失。其中仅黑龙江发生面积就达 2 585 000 hm^2，占总耕地面积的 29.8%，严重发生面积 1 914 000 hm^2。据杜蒙、富裕、肇源等县调查，大豆田幼虫密度高达 1 000～2 000 头/m^2，严重的一个叶片幼虫就达 40～50 头。

20 世纪 80 年代的研究认为，河北坝上、山西雁北、内蒙古乌盟地区为草地螟的主要发生基地，是我国东北地区草地螟发生的主要虫源地。越冬代成虫，随着西南气流向东北方向远距离迁飞（全国草地螟协作组，1987）。但是这个理论却无法解释 1999

作者简介：陈晓，男，1975 年 2 月出生，哈尔滨人，硕士，农艺师，主要从事植物保护工作，E-mail：pqman3@163.com
* 通讯作者 Author for correspondence，E-mail：kjzhao@neau.edu.cn
收稿日期 Received：2004-03-08；接受日期 Accepted：2004-09-10

年东北地区草地螟大发生虫源形成的原因。1999 年东北地区 5 月末 6 月初出现了第一次草地螟成虫高峰,雌蛾卵巢发育级别为 I 级的占相当大的比率。根据迁飞昆虫的一般规律,迁飞昆虫经过远距离迁飞抵达迁入区后,其卵巢发育级别当在 Ⅱ ~ Ⅲ 级。而这批蛾子羽化时间不长,显然并非从华北地区迁入,那么其庞大的迁入种群从何而来?

因此,要准确确定草地螟虫源区和迁飞线路,还需要大量基础研究,迁飞轨迹分析就是一项重要的研究手段。轨迹分析是气象学中研究大气气块移动路径的一种方法。我国将轨迹分析方法用于迁飞害虫的研究起步较晚,80 年代末才见报道,但是在模拟迁飞路径、探索虫源地方面发挥了重要作用。例如周立阳等(1995)分析了江淮稻区稻纵卷叶螟的虫源地及迁飞路径,封传红等(2002)分析了我国北方稻区 1991 年稻飞虱大发生虫源的形成。

本文分析了 1999 年草地螟主要迁入峰期的气象学背景及风场的时空分布,应用轨迹分析方法研究了我国北方各地虫源的对应关系,以阐明 1999 年东北地区草地螟大发生虫源的形成机制,找出监测东北地区草地螟大规模迁入的预警指标,并为探索虫源地提供确切依据。

1 材料与方法

1.1 气象及虫情资料

据雷达观测显示,迁入东北地区的草地螟迁飞高度基本分布在 100 ~ 1 000 m 之间,并在几百米高度聚集成层(孙雅杰和高月波,2000)。因此,本研究气象资料采用国家气象局《中国低空风资料》的 600 m 高度 7:00 和 19:00 北方迁飞区域内 24 个探空站的记录,及每日 8:00 和 12:00 的历史天气图。虫情资料采用研究区域内各病虫测报站草地螟灯下诱蛾量及田间百步惊蛾记录。

1.2 大气环流背景分析

根据历史天气图及相关资料,逐日分析草地螟迁飞过程中东北上空的大气环流特征和天气状况。

1.3 轨迹分析

1.3.1 轨迹分析程序:参考封传红(2001)的方法,编制轨迹分析程序,即采用逐步订正法对气象资料进行客观分析,获得网格风场后,利用数值天气预报中的诊断分析方法建立轨迹分析模型。对迁出事件进行顺推分析,对迁入事件进行回推分析。一般连续分析 3 个夜晚,若分析过程中经过蛾量盛发区可停止运行。程序每间隔 20 min,输出一个迹点,迹点曲线数据以文本形式存储,然后利用地理信息系统平台 Arcview 输出分析结果。

1.3.2 轨迹分析参数:

起点位置:迁入迁出地点以各病虫测报站的地理坐标(经纬度)表示。

起降时间:以当地灯下诱蛾量或百步蛾量突增或突减日作为分析的起始日期,以分析起始地日出前半小时作为逆推的起始时间和顺推的终止时间,以日落后半小时作为顺推的起始时间和逆推的终止时间。日出日落时间计算模块由翟保平先生提供。

定向方向和速度:吊飞结果表明,其飞行速度 12 h 全程平均 2.5 ~ 4.6 km/h(罗礼智和李光博,1992)。雷达观测草地螟迁飞的方向和风向基本一致(陈瑞鹿等,1992),但定向方位尚无报道。参照粘虫的迁飞方向与风向偏离都在其左侧 15°左右(Chen *et al*., 1989),所以本文取草地螟的定向方向与风向偏左 15°,自主飞行速度为 1 m/s。

2 结果与分析

2.1 1999 年草地螟成虫消长情况

1999 年草地螟在相距近千公里的南北两地几乎同时进入始盛。5 月 26 ~ 27 日河北康保县及内蒙古乌盟的四子王旗、凉城县、兴和县、察右前旗等地进入始盛,百步惊蛾 400 ~ 1 000 头,多的在 1 000 头以上。与此同时呼和浩特市的武川县、锡盟的太仆寺旗也出现大量越冬代成虫。

内蒙古兴安盟索伦镇、扎赉特旗,黑龙江泰来、龙江(南部乡镇),吉林镇赉等地(46.1° ~ 47°N,124°E 以西)于 5 月末 ~ 6 月初进入始盛,百步惊蛾数千头,最多上万头,卵巢发育 Ⅰ ~ Ⅱ 级。6 月 5 ~ 10 日黑龙江省杜蒙、肇源、依安、拜泉等地先后发现草地螟迁入,百步惊蛾 500 ~ 1 500 头。6 月 7 ~ 8 日赤峰西北部各旗县、兴安盟乌兰浩特进入盛期。6 月 11 日开始黑龙江省中西部、内蒙古呼盟和吉林镇赉发现草地螟大范围迁入(表 1),这次蛾峰是东北地区主要危害高峰。

2.2 迁飞过程分析

2.2.1 5 月 29 日 ~ 6 月 2 日:受东北低压影响,5 月 29 日 20:00 从赤峰以北出现西南强气流,持续到 30 日夜间。5 月 31 日风向发生切变,黑龙江和吉林北部处于西或西北气流之中,强西南气流仅局限于通辽以东的小范围区域内。6 月 1 日 20:00 ~ 6 月 2 日

表 1　1999 年我国北方部分地区草地螟成虫蛾峰情况

Table 1　Migration peaks of the meadow moth in North China in 1999

站点 Location	高峰期(月.日) Peak stage (Month.day)	高峰日(月.日) Peak day (Month.day)	高峰日蛾量 Number of moths on the peak day		卵巢发育级别 Ovary grade
			灯诱①	百步惊蛾②	
四子王旗 Siziwangqi	–	5.29	–	2 000	–
	6.6～6.11	6.6	585	600	–
	6.14～6.25	6.14	–	1 500	–
康保 Kangbao	6.2～6.4	6.3	–	5 000	–
	6.21～6.23	6.21	–	1 500	–
索伦 Suolun	6.1～6.2	6.1	–	4 000	Ⅰ～Ⅱ
扎赉特旗 Zhalaiteqi	–	6.2	–	2 000	Ⅱ
		6.6	–	7 000	–
		6.14	–	10 000	Ⅱ～Ⅲ(80%)
乌兰浩特 Wulanhaote	6.8～6.13	6.8	–	1 000～3 000	Ⅱ(60%)
		6.12	10 000	1 200	Ⅱ～Ⅲ(80%)
阿荣旗 Arongqi	6.11～6.13	6.11	27 400	–	Ⅱ～Ⅲ
林西、克旗 Linxi, Keshenketengqi	6.7～6.15	6.7	–	1 000～5 000	Ⅰ～Ⅱ
巴林左旗 Balinzuoqi	6.7～6.15	6.12	5 177	–	Ⅱ～Ⅲ
镇赉 Zhenlai	5.31～6.5	–	–	1 500	–
	6.12～6.30	6.12	588	–	–
肇源 Zhaoyuan	6.4～6.21	6.4～6.5	–	500	Ⅱ(57%)
		6.12～6.13	–	5 000	Ⅲ(57%)
林甸 Lindian	6.13～6.14	6.13	–	5 000	Ⅱ～Ⅲ
肇州 Zhaozhou	6.16～6.17	6.16	–	10 000	
泰来 Tailai	–	6.1	–	1 500	Ⅰ～Ⅱ
	6.12～6.14	6.13	–	1 500	–
双城 Shuangcheng	6.12～6.14	6.12	–	1 000	Ⅱ～Ⅲ

①Light trap; ②Number of the moth scared to fly in 100 step-walking in the field.

8:00，东北地区处于贝加尔湖槽前较远处，风力微弱。索伦 6 月 1～2 日出现大量成虫，百步惊蛾最多上万头，扎赉特旗 6 月 2 日进入始盛期，百步惊蛾 1 500～2 000头，两地回推轨迹均一直向西，表明虫源可能是当地越冬或来自蒙古共和国东部(图 1:A)。泰来县部分乡镇在 5 月 28 日即发现大量成虫，而此时当地为强西北风，所以虫源也不可能是从华北地区迁入的。内蒙古乌盟、河北康保县等地于 5 月 26～28 日进入始盛期，但在此期间风力微弱或风向不利，不具备向东北迁飞的条件。当地仅于 29 日晚出现较强的西风，轨迹分析显示，29 日晚从康保和四子王旗迁出的草地螟均在当地徘徊，未构成迁入东北的虫源(图 1:B)。

2.2.2　6 月 3 日～6 月 6 日：贝加尔湖以北的冷空气南下，500 hPa 高空上东北北部低压加强，槽体较宽，大约横跨十个经度，东北地区大部分处于低压槽的底部，为弱的偏西风，6 月 4 日 20:00 河套北部有气旋形成，河北坝上地区出现较弱的东南风。河北康保县 6 月 2 日～4 日为成虫高峰期，百步惊蛾 3 000～5 000 头，6 月 4 日晚草地螟大量迁出，而后田间蛾量极少。顺推轨迹表明，这批蛾子迁向乌盟地区，而乌盟四子王旗于 6 月 6 日进入成虫高峰期，恰与此在时空上相衔接(图 1:C)。6 月 6 日扎赉特旗进入成虫高峰期，百步惊蛾 6 000～8 000 头，5～6 日肇源、杜蒙等地也出现异地迁入，回推轨迹表明，虫源均可追溯至兴安盟索伦镇，与索伦 6 月 1～2 日高峰相衔接(图 1:D)。

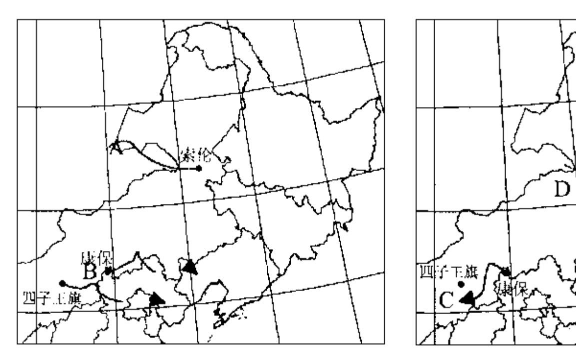
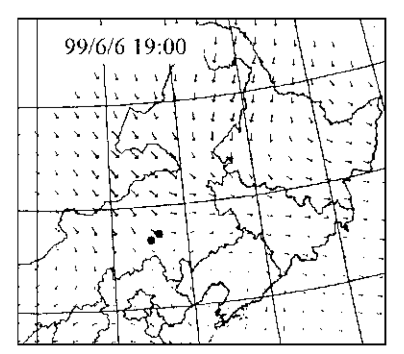


图 1 1999 年 5 月 29 日～6 月 6 日草地螟迁飞轨迹分析
Fig. 1 Analyses on migration trajectories of the meadow moth from 29 May to 6 June, 1999
A: 6 月 1 日索伦迁入种群回推轨迹 Backward trajectory from Suolun on 1st June;
B: 5 月 29 日四子王旗、康保迁出种群顺推轨迹 Forward trajectories from Siziwangqi and Kangbao on 29 May;
C: 6 月 5～6 日肇源、杜蒙迁入种群回推轨迹 Backward trajectories from Zhaoyuan and Dumeng from 5 to 6 June;
D: 6 月 4 日康保迁出种群顺推轨迹 Forward trajectory from Kangbao on 4 June.

2.2.3 6 月 7 日～6 月 8 日：原来在东北北部的低压东移，遗留下的冷空气形成弱的横槽。7 日横槽发展，导致 6 日晚～7 日晨北方大部分地区为西北风。8 日低压槽东移，从贝加尔湖至整个东北区为高压控制，风力较小。6 月 6 日赤峰西北部旗（县）处于西北气流的末端，7 日林西县、克什克腾旗进入始盛期，回推轨迹表明，草地螟可能是当地越冬或来自其西北部的中蒙边境地区（图 2：A）。顺推轨迹表明，从两地迁出的草地螟在 11 日之前始终在林西、赤峰、围场等地之间徘徊，未做远距离迁移。8 日兴安盟乌兰浩特出现蛾峰，回推轨迹显示，虫源可能来自其北部的扎赉特旗（图 2：B）。



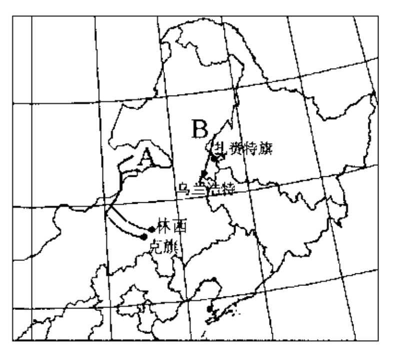


图 2 1999 年 6 月 6 日 19:00 600 m 高度风场与降虫区（●）位置（左）及 1999 年 6 月 7 日～8 日迁入种群回推轨迹（右）
Fig. 2 Wind field on 600 m at 19:00, 6 June, 1999 and the moth immigration areas (●) (left) and backward trajectories of their migration on 7 and 8 June, 1999 (right)

2.2.4 6 月 9 日 高空横槽转向东移至日本东部，东北地区转为高压控制。9 日 7:00，从通辽开始出现高压后部的偏南气流，抵达齐齐哈尔市后向东偏转，9 日拜泉、依安两地进入成虫始盛期。回推轨迹显示，轨迹先指向西南部的泰来县，而后折向正北方向，显然虫源来自泰来县（图 3）。9 日晚海拉尔以东哈尔滨以北地区出现强西南气流，10 日呼盟岭东各旗（县）及杜蒙等地蛾量开始增加，轨迹分析显示，虫源来自其南部的兴安盟各旗县及泰来县。

2.2.5 6 月 10 日～16 日：由于位于新地岛上空的冷空气南下和贝加尔湖南部的低涡发展、东移，东北地区于 11～12 日、13～14 日分别出现两次低压过境，11 日、13 日夜间出现两次时空尺度均较大的西南强气流的变化过程。与这两次强气流的发生相吻合，东北地区出现大规模草地螟迁入高峰。

10 日 19:00 长春以北出现西南风，11 日 7:00 风力加强，西南风贯穿东北全境。11 日呼盟岭东地区和黑龙江西部的讷河、甘南等地草地螟大规模迁入。回推轨迹表明虫源来自兴安盟中部地区（图 4）。

随着低压继续发展东移，6 月 11 日 20:00 低压中心移至海拉尔。600 m 高度上出现偏南强气流，从赤峰起直达嫩江，兴安盟、齐齐哈尔以及吉林西部均被极值风速区所覆盖，风速超过 25 m/s。12 日 7:00低压中心东移至嫩江，急流轴为东北-西南向，齐齐哈尔、兴安盟地区为西风、西北风所控制。12 日出现了草地螟大范围异地同步突增的现象，在黑

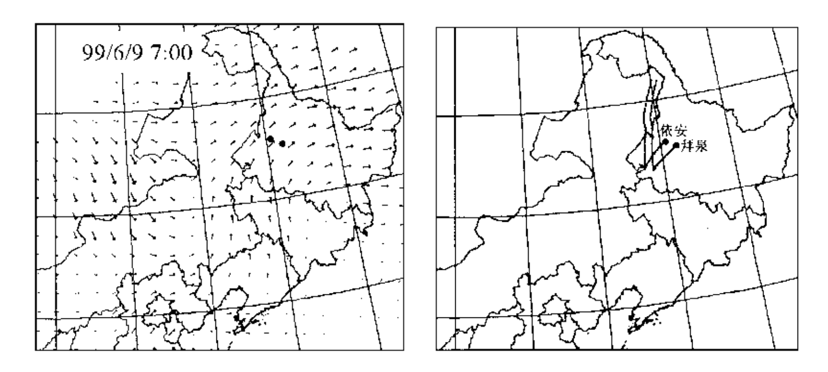


图 3　1999 年 6 月 9 日 7:00 600 m 高度的风场与降虫区(●)位置(左)及迁入种群的回推轨迹(右)

Fig. 3　Wind field on 600 m at 7:00, 9 June, 1999 and the moth immigration areas (●) (left) and backward trajectories of their migration (right)

龙江省西部各县及呼盟蛾量持续增加的同时，中部的肇源等地蛾量骤增。根据回推轨迹分析结果推测，呼盟及黑龙江省甘南、讷河等地的虫源来自兴安盟中部及其以西地区，克山、镇赉、泰来等地的虫源来自赤峰市的林西县和克什克腾旗，而肇源的虫源可能来自通辽或赤峰市的东部(图 4)。

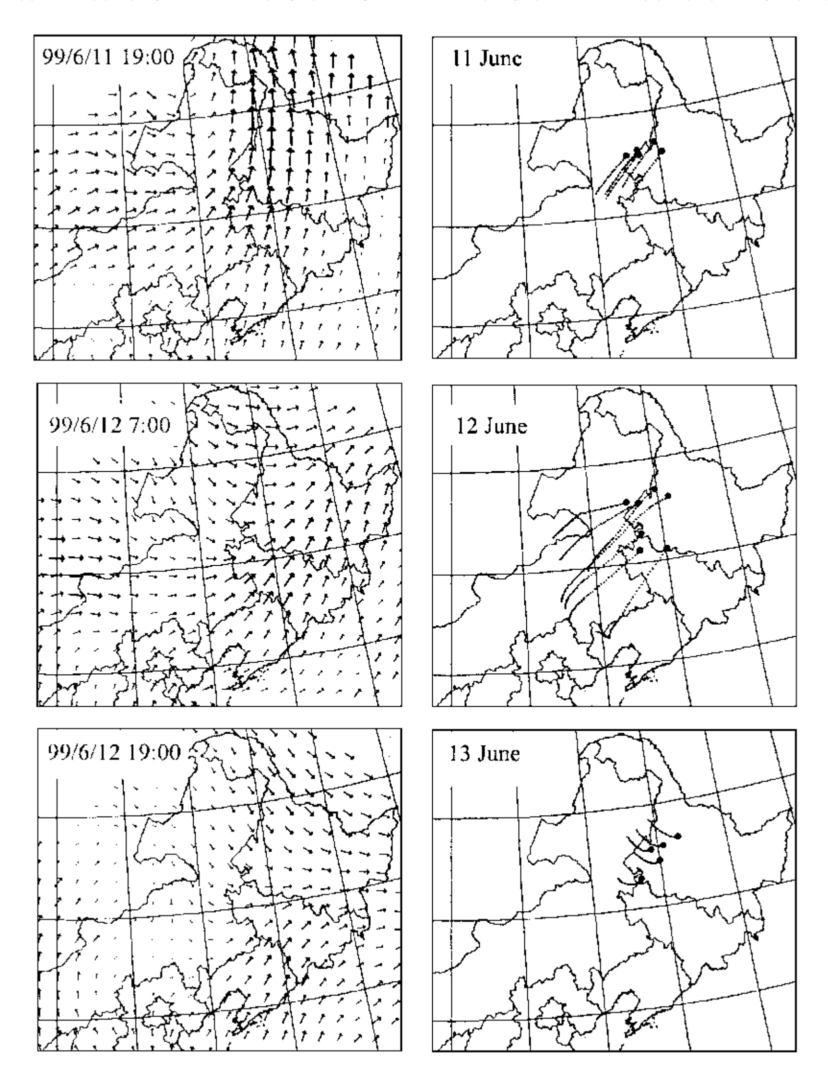


图 4　1999 年 6 月 10 日～13 日低压过境引发的偏南强气流演变过程(左)与主要降虫区(●)位置及迁入种群的回推轨迹(右)

Fig. 4　Strong qua-south air current process caused by low-pressure between 10 to 13 June, 1999, and the moth immigration areas (●) and backward trajectories of their migration

12 日 20:00 随着低压减弱东移，黑龙江全境与呼盟为强西北风所控制。13 日 8:00 低压移出，风力减弱。13 日呼盟、兴安盟草地螟为高峰末期而林甸、富裕、北安等地进入高峰期，泰来发现异地迁入，依安等地蛾量持续增加。回推轨迹显示，虫源来自呼盟岭东及兴安盟各旗县（图 4）。12 日赤峰市的巴林左、右旗出现诱蛾高峰，回推轨迹显示，虫源来自内蒙古乌盟。

13 日 20:00 原在贝加尔湖南部的另一个气旋向东南方向移动至二连浩特境内，其东侧出现强风带，从辽东半岛直抵齐齐哈尔，而后向西折向海拉尔地区。14 日 7 时随着低压继续东移和加强，600 m 高度出现了宽约 300 km，贯穿华北、东北的西南强气流，最大风速 22 m/s。15 日气旋移出，东北地区转为西北风，第二次西南强气流过程结束。与这次强气流的发生相吻合，13 日夜间再次出现迁入高峰。据镇赉雷达观测，13 日为草地螟迁飞峰日，彻夜均有蛾群过境，高密度蛾群在 14 日凌晨抵达镇赉上空（孙雅杰和高月波，2000）。轨迹分析显示，镇赉 14 日凌晨的蛾峰可回推至赤峰市的巴林左、右旗，与巴林左、右旗 12 日夜间的灯下诱蛾高峰相衔接（图 5）。扎赉特旗 14 日田间调查，百步蛾量增加至 8 000头，达到全年最高值。而扎赉特旗恰好处于低压中心经过地区，其逆推轨迹指向泰来、镇赉方向，呈现短距离的弧线，说明 14 日的高峰是由低压过境时其中心的集聚作用造成的。黑龙江此时正处于高峰期，所以蛾量增加不明显。

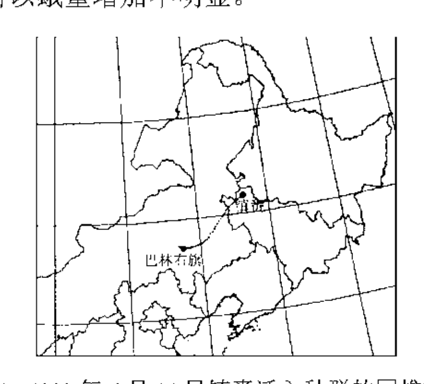


图 5 1999 年 6 月 14 日镇赉迁入种群的回推轨迹

Fig. 5 Backward trajectory of immigration population into Zhenlai on 14 June, 1999

从华北地区发生情况来看，河北同期蛾量较低，不具备向外地输送虫源的条件，内蒙古乌盟四子王旗 11 日恰逢第二次高峰的末期，10 日～11 日出现了较强的西南风，估计是随暖湿气流大量迁出所致。轨迹分析显示，10 日和 11 日迁出的草地螟均可抵达赤峰市的克什克腾旗，10 日迁出的草地螟，于 13 日晨恰好抵达赤峰市的巴林左旗，与巴林左、右旗 12 日夜间的诱蛾高峰相吻合，于 14 日晨抵达吉林西北部，和镇赉县 14 日凌晨雷达观测到的高密度蛾群相吻合（图 6）。

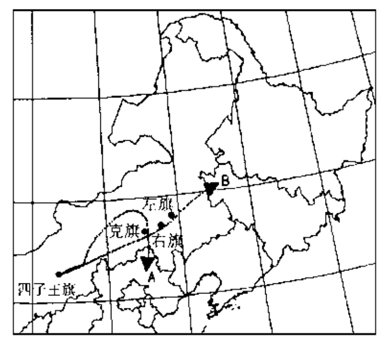


图 6 1999 年 6 月 11 日（A）和 1999 年 6 月 10 日（B）四子王旗迁出种群顺推轨迹

Fig. 6 Forward trajectories of migration from Siziwangqi on 11 June, 1999 (A) and 10 June, 1999 (B)

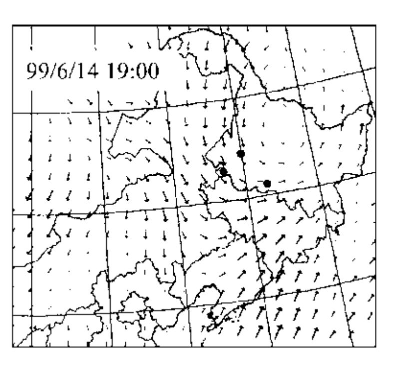
14 日 20:00 低压中心移至三江平原，东北地区西部出现西北风。15 日 8:00 低压继续发展，东北地区均被强西北气流所控制，一直持续到 17 日 8:00。15 日林甸、双城等地蛾量骤减，泰来蛾峰消退。与此相对应 15 日杜蒙出现第二次迁入高峰，镇赉县南部乡镇蛾量持续攀升，16 日肇州百步惊蛾量猛增至上万头，肇源、绥化等地调查蛾量也显著增加。轨迹分析表明，泰来、林甸两地 14 日夜间草地螟向东南方向迁出（图 7）。杜蒙、肇州的草地螟是从其西北方向迁入。

2.2.6 6 月 17 日～18 日：17 日 20:00 低压开始减弱，黑龙江省转为北风，18 日转为东北风。肇州、肇源等地的蛾量于 17～18 日左右急剧下降。根据顺推轨迹推测，草地螟应迁向吉林西南部、通辽等地。镇赉田间百步惊蛾 18～19 日持续攀高，雷达观测 18～19 日凌晨有高密度蛾群过境，回推轨迹显示蛾群来自黑龙江省中部，说明 18～19 日黑龙江省的草地螟存在大范围向西南方向的迁飞过程。

3 讨论

3.1 1999 年东北地区草地螟始盛期虫源

1999 年东北地区于 5 月末～6 月初出现第一次蛾峰，百步惊蛾量高于同期华北地区，而且卵巢发育级别较低，大部分为 Ⅰ 级，显示其羽化时间不长。回顾此前几日的气象条件，东北地区于 5 月 29 日夜间



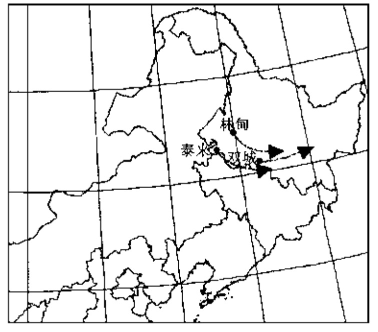


图 7　1999 年 6 月 14 日 19:00 600 m 高度风场、迁出区位置(●)(左)与迁出种群的顺推轨迹(右)

Fig. 7　Wind field on 600 m at 7:00, 14 June, 1999, and the moth immigration areas (●)(left) and their forward trajectories (right)

出现一次西南强气流，但持续时间较短，不足以作为向东北输送草地螟的运载气流，轨迹分析也显示，29 日从乌盟四子王旗和河北康保迁出的草地螟均在当地徘徊，未向东北迁出，由此推断东北地区始盛期的虫源不是从华北地区迁入的。东北地区草地螟始发地呈狭长的东西走向，兴安盟索伦镇、扎赉特旗、吉林镇赉等地的回推轨迹一直向西，指向蒙古共和国东部及中蒙边境地区。6 日～7 日兴安盟扎赉特旗、赤峰市北部旗县相继进入高峰期，其逆推轨迹也均指向蒙古共和国东部地区。由此可见蒙古共和国东部及中蒙边境地区的越冬虫源在 1999 年东北地区草地螟大发生中扮演重要角色。

80 年代的研究认为华北地区的成虫可以经过蒙古共和国迁入东北地区(杨素钦和马桂椿，1987)。但从 1999 年的情况来看，5 月 26～27 日华北地区草地螟刚刚进入始盛期，各地蛾量均处于较低水平，不会成为蒙古共和国东部 5 月末的虫源，另外当时也不具备向北方远距离迁飞的气象条件，所以该虫源应来自蒙古共和国东部及中蒙边境处的越冬区。

3.2　1999 年东北地区草地螟主要迁入高峰的虫源

1999 年东北地区草地螟主要迁入高峰出现在 6 月 11～12 日，虫源可回推至赤峰市西北部、兴安盟西南部旗(县)和蒙古共和国东部地区。但是前面分析显示，赤峰始盛期虫源可回推至蒙古共和国东部，因此此次迁入虫源的主要部分并非来自华北地区，而仍然是来自蒙古共和国东部地区。另一次远距离迁入出现在 14 日，可回推至赤峰市的巴林左、右旗并可进一步回推至乌盟的四子王旗，但此次迁入的波及区域较小。

3.3　华北地区虫源对东北地区草地螟发生的影响

河北康保县草地螟越冬代成虫第一次高峰出现在 6 月 2～4 日，4 日晚草地螟大量外迁，轨迹分析显示草地螟迁飞到其西部的乌盟地区，并未迁入东北地区。而乌盟四子王旗于 6 月 6～11 日为高峰期，正与河北康保草地螟的迁出在时空上相衔接。四子王旗蛾峰持续至 6 月 11 日，从 10 日开始出现较强的西风，草地螟大量迁出。轨迹分析显示，6 月 10 日迁出的草地螟在 13 日早晨抵达赤峰市的巴林左旗后，13 日夜间凭借第二次西南强气流于 14 早晨抵达吉林东北部，构成东北地区 1999 年草地螟大发生的虫源之一。

由此可见，1999 年东北地区草地螟大发生的虫源只有少部分来自以往认为的“主要发生基地”(内蒙古乌盟、河北坝上、山西雁北地区)，其主要虫源应来自蒙古共和国东部及中蒙边境地区。

3.4　境外虫源问题

草地螟是一种世界性大害虫，在俄罗斯、蒙古共和国等地均有分布。以往由于条件所限，对境外虫源的发生情况及对我国的影响尚不清楚，因此将来有必要开展跨国合作，在更大的尺度上来研究草地螟的种群消长规律。

3.5　东北地区草地螟暴发虫源的运载气流

东北地区是各种西来气旋路径汇集的枢纽区域，东北气旋的前部会产生强大的偏南气流(李祯等，1993)。通过对 1999 年历次蛾峰的分析可以看出，草地螟的两次大规模迁入与两次低压过境相吻合。草地螟借助低压前部的西南暖湿气流远距离迁入，并随低压后部的强西北气流向东部地区进行短距离扩散。草地螟消长动态与强气流的出现和风向的变化极为吻合。因此可以将东北低涡或低压的发生、发展趋势与虫源地的情况结合起来作为监测草地螟迁入的预警指标。

致谢 本文气象有关内容得到了黑龙江省气象台白人海总工程师的指导与修改，在此表示诚挚的谢意。

参考文献（References）

Chen RL, Bao XZ, Drake VA, Farrow RA, Wang SY, Sun YJ, Zhai BP, 1989. Radar observations of the spring migration into north-eastern China of the Oriental Armyworm moth (*Mythimna separata*) and other insects. *Ecological Entomology*, 14: 149 – 162.

Chen RL, Bao XZ, Wang SY, Sun YJ, Li LQ, Liu JR, 1992. An observation on the migration of meadow moth by radar. *Acta Phytophylacica Sinica*, 19(2): 171 – 174. [陈瑞鹿，暴祥致，王素云，孙雅杰，李立群，刘继荣，1992. 草地螟迁飞活动的雷达观测. 植物保护学报，19(2): 171 – 174]

Feng CH, 2001. The migration path of rice planthopper. In: Ni HX, Cheng ZM eds. Development Strategies of Plant Protection Facing 21 Century. Beijing: China Scientech Press. 820 – 827. [封传红，2001. 稻飞虱迁飞路径的计算. 见：倪汉祥，成卓敏主编. 面向21世纪的植物保护发展战略. 北京：中国科学技术出版社. 820 – 827]

Feng CH, Zhai BP, Zhang XX, Tang JJ, 2002. Immigration of the 1991 outbreak population of rice planthopper (*Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera*) into Northern China. *Acta Ecol. Sin.*, 22(8): 1 302 – 1 314. [封传红，翟保平，张孝羲，汤金仪，2002. 我国北方稻区1991年稻飞虱大发生虫源形成. 生态学报，22(8): 1 302 – 1 314]

Li Z, Qi CL, Sun WC, 1993. Physical Geography of Northeastern Part of China. Beijing: Higher Education Press. 68 – 71. [李祯，祁承留，孙文昌，1993. 东北地区自然地理. 北京：高等教育出版社. 68 – 71]

Luo LZ, Li GB, Cao YZ, 1996. The coming of the third period of break circle for the meadow moth in China. *Plant Protection*, 22(6): 50 – 51. [罗礼智，李光博，曹雅忠，1996. 草地螟第3个猖獗为害周期已经来临. 植物保护，22(5): 50 – 51]

Luo LZ, Li GB, 1992. Variation of the flight ability and behavior of *Loxostege sticticalis* adults at different ages. In: Wan FH, Kang L eds. Transaction of the Ecological Society of Chinese Youths. Special issue on insect ecology. Beijing: China Scientech Press. 303 – 308. [罗礼智，李光博，1992. 草地螟不同蛾龄成虫飞行能力和行为的研究. 见：万方浩和康乐主编. 昆虫生态研究. 北京：中国科学技术出版社. 303 – 308]

National Cooperated Research Group of Meadow Moth, 1987. Studies on the occurrence, forecast and control of meadow moth. *Pest Forecasting* (Extra Edition), No. 1: 1 – 9. [全国草地螟科研协作组，1987. 草地螟发生及测报和防治的研究. 病虫测报，增刊第1号: 1 – 9]

Sun YJ, Gao YB, 2000. The radar detection of airborne population and the forecast of field occurrence of armyworm and meadow moth. In: Li DM ed. Entomology in China step to 21 century. Beijing: China Scientech Press. 457 – 460. [孙雅杰，高月波，2000. 粘虫和草地螟空中迁飞种群的雷达监测与地面发生预报. 见：李典谟主编. 走向21世纪的中国昆虫学. 北京：中国科学技术出版社. 457 – 460]

Yang SQ, Ma GC, 1987. The discussion on migratory path of meadow moth. *Pest Forecasting* (Extra Edition), No. 1: 122 – 128. [杨素钦，马桂椿，1987. 草地螟迁飞路径的探讨. 病虫测报. 增刊第1号: 122 – 128]

Zhou LY, Zhang XX, Cheng JY, 1995. Trajectory analysis on *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée for Huaihe and Yangtze river rice areas. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 18(2): 53 – 58. [周立阳，张孝羲，程极益，1995. 江淮稻区稻纵卷叶螟的轨迹分析. 南京农业大学学报，18(2): 53 – 58]

（责任编辑：袁德成）